

10/525615

PCT/JP2004/009837

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

29.07.2004

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 7 月 1 1 日
Date of Application:

REC'D 16 SEP 2004

出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 2 7 3 1 7 3
Application Number:

WIPO

PCT

[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 3 - 2 7 3 1 7 3]

出 願 人
Applicant(s): 日 本 電 信 電 話 株 式 有 限 公 司

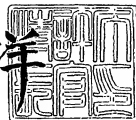
PRIORITY
DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1 (a) OR (b)

2 0 0 4 年 9 月 2 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川 洋



BEST AVAILABLE COPY

出証番号 出証特 2 0 0 4 - 3 0 7 8 7 5 1

【書類名】 特許願
【整理番号】 NTTH155530
【あて先】 特許庁長官 太田 信一郎 殿
【国際特許分類】 H04B 10/02
H04B 10/00
H04B 10/06

【発明者】
【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内
【氏名】 菊島 浩二

【特許出願人】
【識別番号】 000004226
【氏名又は名称】 日本電信電話株式会社

【代理人】
【識別番号】 100119677
【弁理士】
【氏名又は名称】 岡田 賢治
【電話番号】 03-3575-2752

【選任した代理人】
【識別番号】 100115794
【弁理士】
【氏名又は名称】 今下 勝博

【手数料の表示】
【予納台帳番号】 202154
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】
【物件名】 特許請求の範囲 1
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1
【包括委任状番号】 0309080

【書類名】特許請求の範囲**【請求項 1】**

電気信号を N 個 (N は 2 以上の整数) に分配して出力する分配回路と、
該分配回路のそれぞれの出力を周波数変調して出力する N 個の FM-一括変換回路と、
該 N 個の FM-一括変換回路の出力を合波して出力する合波回路と、
該合波回路の出力を強度変調して光伝送路に送信する光信号を出力する送信回路と、を有する光信号送信機であって、

該 N 個の FM-一括変換回路の周波数偏移量及び中間周波数が略等しく、かつ、該 N 個の FM-一括変換回路のそれぞれの出力の位相が略一致するように設定されている光信号送信機。

【請求項 2】

前記 FM-一括変換回路は、それぞれが、前記分配回路からの電気信号を変調入力とし周波数変調された周波数変調光信号を出力する光周波数変調部と、

該光周波数変調部の出力する周波数変調光信号の中心光周波数から中間周波数に略等しい周波数だけ離れた光周波数の局部発振光信号を出力する光周波数局部発振部と、

該周波数変調光信号及び該局部発振光信号を合波し合波光信号を出力する光合波器と、

該光合波器からの合波光信号をヘテロダイン検波して該周波数変調光信号の光周波数と該局部発振光信号との光周波数との差に等しい周波数の電気信号を出力する光検波器と、を備えることを特徴とする請求項 1 に記載の光信号送信機。

【請求項 3】

前記 FM-一括変換回路は、それぞれが、前記分配回路からの電気信号を位相が反転した 2 つの電気信号に分配する差動分配器と、

該差動分配器からの 2 つの電気信号のうちの一方の電気信号を変調入力とし周波数変調された第一の周波数変調光信号を出力する第一の光周波数変調部と、

該第一の周波数変調光信号の中心光周波数から中間周波数に略等しい周波数だけ離れた光周波数の第二の周波数変調光信号であって、かつ該差動分配器からの 2 つの電気信号のうちの他方の電気信号を変調入力とし周波数変調された第二の周波数変調光信号を出力する第二の光周波数変調部と、

該第一の周波数変調光信号及び該第二の周波数変調光信号を合波して合波光信号を出力する光合波器と、

該光合波器からの合波光信号をヘテロダイン検波して該第一の周波数変調光信号の光周波数と該第二の周波数変調光信号の光周波数との差に等しい周波数の電気信号を出力する光検波器と、を備えることを特徴とする請求項 1 に記載の光信号送信機。

【請求項 4】

前記 FM-一括変換回路は、それぞれが、中間周波数を中心周波数として前記分配回路からの電気信号をその電圧に応じた周波数に変換して出力する電圧制御発振器を備えることを特徴とする請求項 1 に記載の光信号送信機。

【請求項 5】

前記 FM-一括変換回路は、それぞれが、前記分配回路からの電気信号を位相が反転した 2 つの電気信号に分配する差動分配器と、

該差動分配器からの 2 つの電気信号のうちの一方の電気信号をその電圧に応じた周波数に変換した第一の周波数変調信号を出力する第一の電圧制御発振器と、

該第一の周波数変調信号の中心周波数から中間周波数に略等しい周波数だけ離れた周波数を中心周波数として、該差動分配器からの 2 つの電気信号のうちの他方の電気信号をその電圧に応じた周波数に変換した第二の周波数変調信号を出力する第二の電圧制御発振器と、

該第一の電圧制御発振器の出力する第一の周波数変調信号及び該第二の電圧制御発振器の出力する第二の周波数変調信号を混合するミキサと、

該ミキサの出力から該第一の周波数変調信号と該第二の周波数変調信号の周波数の差に等しい周波数の電気信号を通過させるローパスフィルタと、を備えることを特徴とする

請求項 1 に記載の光信号送信機。

【請求項 6】

電気信号を 2 個に分配して出力する分配回路と、

該分配回路からの 2 つの電気信号のうちの一方の電気信号を変調入力とし周波数変調された第一の周波数変調光信号を出力する第一の光周波数変調部と、

該第一の光周波数変調部の出力する第一の周波数変調光信号の中心光周波数から中間周波数に略等しい周波数だけ離れた光周波数の第一の局部発振光信号を出力する第一の光周波数局部発振部と、

該第一の周波数変調光信号と該第一の局部発振光信号とを偏波方向を同一にして合波し第一の合波光信号を出力する第一の光合波器と、

該分配回路からの 2 つの電気信号うちの他方の電気信号を変調入力とし周波数変調された第二の周波数変調光信号を出力する第二の光周波数変調部と、

該第二の光周波数変調部の出力する第二の周波数変調光信号の中心光周波数から中間周波数に略等しい周波数だけ離れた光周波数の第二の局部発振光信号を出力する第二の光周波数局部発振部と、

該第二の周波数変調光信号と該第二の局部発振光信号とを偏波方向を同一にして合波し第二の合波光信号を出力する第二の光合波器と、

該第一の光合波器から出力される第一の合波光信号と該第二の光合波器から出力される第二の合波光信号とをそれぞれの偏波方向を直交させて合波して第三の合波光信号を出力する第三の光合波器と、

該第三の光合波器から出力される第三の合波光信号をヘテロダイン検波して該第一の周波数変調光信号の光周波数と該第一の局部発振光信号の光周波数との差に等しい周波数の電気信号と、該第二の周波数変調光信号の光周波数と該第二の局部発振光信号の光周波数との差に等しい周波数の電気信号とを出力する光検波器と、

該検波信号により光源を強度変調し光伝送路に送信する光信号を出力する送信回路と、を有する光信号送信機であって、

該第一の光周波数変調部と該第二の光周波数変調部との周波数偏移量が略等しく、かつ、該光検波器における該第一の合波光信号をヘテロダイン検波することにより得られる電気信号の位相と、第二の合波光信号をヘテロダイン検波することにより得られる電気信号の位相とが略一致するように設定されている光信号送信機。

【請求項 7】

電気信号を 2 個に分配して出力する分配回路と、

該分配回路からの 2 つの電気信号のうちの一方の電気信号をそれぞれが、前記分配回路からの電気信号を位相が反転した 2 つの電気信号に分配する第一の差動分配器と、

該第一の差動分配器の一方の出力を変調入力とし周波数変調された第一の周波数変調光信号を出力する第一の光周波数変調部と、

該第一の差動分配器の他方の出力を変調入力とし該第一の光周波数変調部の出力する第一の周波数変調光信号の中心光周波数から中間周波数に略等しい周波数だけ離れた光周波数の第二の周波数変調光信号を出力する第二の光周波数変調部と、

該第一の周波数変調光信号と該第二の周波数変調光信号とを偏波方向を同一にして合波し第一の合波光信号を出力する第一の光合波器と、

該分配回路の他方の出力をそれぞれが、前記分配回路からの電気信号を位相が反転した 2 つの電気信号に分配する第二の差動分配器と、

該第二の差動分配器の一方の出力を変調入力とし周波数変調された第三の周波数変調光信号を出力する第三の光周波数変調部と、

該第二の差動分配器からの 2 つの電気信号のうちの他方の電気信号を変調入力とし該第三の光周波数変調部の出力する第三の周波数変調光信号の中心光周波数から中間周波数に略等しい周波数だけ離れた光周波数の第四の周波数変調光信号を出力する第四の光周波数変調部と、

該第三の周波数変調光信号と該第四の周波数変調光信号とを偏波方向を同一にして合波

し第二の合波光信号を出力する第二の光合波器と、

該第一の光合波器から出力される第一の合波光信号と該第二の光合波器から出力される第二の合波光信号とをそれぞれの偏波方向を直交させて合波して第三の合波光信号を出力する第三の光合波器と、

該第三の光合波器から出力される第三の合波光信号をヘテロダイン検波して該第一の周波数変調光信号の光周波数と該第二の周波数変調光信号の光周波数との差に等しい周波数の電気信号と、該第三の周波数変調光信号の光周波数と該第四の周波数変調光信号の光周波数との差に等しい周波数の電気信号とを出力する光検波器と、

該検波信号により光源を強度変調し光伝送路に送信する光信号を出力する送信回路と、を有する光信号送信機であって、

該第一の光周波数変調部と該第二の光周波数変調部と該第三の光周波数変調部と該第四の光周波数変調部とにおける周波数偏移量が略等しく、かつ、該光検波器における該第一の合波光信号をヘテロダイン検波することにより得られる電気信号の位相と第二の合波光信号をヘテロダイン検波することにより得られる電気信号の位相とが略一致するように設定されている光信号送信機。

【請求項 8】

電気信号を N 個 (N は 2 以上の整数) に分配して出力する分配回路と、

該分配回路のそれぞれの出力を変調入力とし周波数変調された周波数変調光信号、及び該周波数変調光信号の中心光周波数から中間周波数に略等しい周波数だけ離れた光周波数の局部発振光信号を合波して出力する N 個の光周波数変調合波回路と、

該 N 個の光周波数変調合波回路の出力を合波して出力する光合波回路と、

該光合波回路の出力をヘテロダイン検波して該周波数変調光信号の光周波数と該局部発振光信号の光周波数との差に等しい周波数の電気信号を出力する光検波回路と、

該光検波回路の出力を強度変調して光伝送路に送信する光信号を出力する送信回路と、を有する光信号送信機であって、

該 N 個の光周波数変調合波回路の周波数偏移量が略等しく、かつ、該光検波回路における該 N 個の光周波数変調合波回路からの合波光信号をヘテロダイン検波することにより得られる、重畳された N 個の電気信号の位相が略一致するように設定されている光信号送信機。

【請求項 9】

電気信号を N 個 (N は 2 以上の整数) に分配して出力する分配回路と、

該分配回路のそれぞれの出力を位相が反転した 2 つの電気信号に分配し、該分配回路からの 2 つの電気信号のうちの一方の電気信号を変調入力とし周波数変調された第一の周波数変調光信号、及び該分配回路からの 2 つの電気信号のうちの他方の電気信号を変調入力とし周波数変調された、該第一の周波数変調光信号の中心光周波数と中間周波数に略等しい周波数だけ離れた光周波数の第二の周波数変調光信号を合波して出力する N 個の差動光周波数変調合波回路と、

該 N 個の差動光周波数変調合波回路の出力を合波して出力する光合波回路と、

該光合波回路の出力をヘテロダイン検波して該第一の周波数変調光信号の光周波数と該第二の周波数変調光信号との差に等しい周波数の電気信号を出力する光検波回路と、

該光検波回路の出力を強度変調して光伝送路に送信する光信号を出力する送信回路と、を有する光信号送信機であって、

該 N 個の差動光周波数変調合波回路の周波数偏移量が略等しく、かつ、該光検波回路における該 N 個の差動光周波数変調合波回路からの合波光信号をヘテロダイン検波することにより得られる、重畳された N 個の電気信号の位相が略一致するように設定されている光信号送信機。

【請求項 10】

請求項 1 から 9 に記載の光信号送信機と、

該光信号送信機に光伝送路を介して接続される光電変換手段と、光電変換手段の出力を周波数復調する周波数復調手段を具備する光信号受信機と、を備えることを特徴とする光

信号伝送システム。

【書類名】明細書

【発明の名称】光信号送信機及び光信号伝送システム

【技術分野】

【0001】

本発明は、広帯域信号の光信号伝送に使用する光信号送信機及び当該光信号送信機を利用した光信号伝送システムに関する。より詳細には、周波数多重分割されている振幅変調 (AM: Amplitude Modulation)、又は直交振幅変調 (QAM: Quadrature Amplitude Modulation) された多チャンネル映像信号の光信号伝送に使用する光信号送信機及び当該光信号送信機を利用した光信号伝送システムに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、周波数分割多重されている振幅変調、若しくは直交振幅変調された多チャンネル映像信号を光伝送する光信号送信機及び光信号伝送システムとして、周波数分割多重された映像信号を一括して周波数変調する FM-一括変換方式を用いた光信号送信機及び光信号伝送システムが知られている。

【0003】

この FM-一括変換方式を用いた光信号送信機及び光信号伝送システムは、国際標準 I T U-T J. 185 「Transmission equipment for transferring multi-channel television signals over optical access networks by FM conversion」に採用されている (非特許文献 1 参照。)

【0004】

図 1 に、FM-一括変換方式を用いた従来の光信号送信機及び光信号伝送システムの構成を、図 2 に、図 1 の A、B、C の箇所における信号形式を示す。図 1 において、80 は光信号送信機、81 は FM-一括変換回路、82 は光源、83 は光増幅回路、85 は光伝送路、90 は光信号受信機、91 は光電変換回路、92 は FM 復調回路、93 はセットトップボックス、94 はテレビ受像機である。図 2 において、(A)、(B)、(C) はそれぞれ図 1 における A、B、C の信号スペクトルを表す。以後の各図における A、B、C、にについても同様である。

【0005】

図 1 において、光信号送信機 80 内では、図 2 (A) に示すような周波数多重された映像信号が FM-一括変換回路 81 により、図 2 (B) に示すような 1 つの広帯域な周波数変調信号に変換される。周波数変調信号は光源 82 で強度変調され、さらに、光増幅回路 83 で光増幅されて光伝送路 85 に送信される。光信号受信機 90 内では、光電変換回路 91 で光電変換され、電気信号に戻される。この電気信号は広帯域な周波数変調信号であり、FM 復調回路 92 で周波数復調されて、図 2 (C) に示すような、周波数多重された映像信号が復調される。復調された映像信号は、セットトップボックス 93 を介して、受像機 94 により、適当な映像チャンネルが選択される。

【0006】

この FM-一括変換方式に適用できる FM-一括変換回路構成を図 3 に示す (例えば、特許文献 1、非特許文献 2、非特許文献 3 参照。)。図 3 は光周波数変調部と光周波数局部発振部を用いた FM-一括変換回路であって、81 は FM-一括変換回路、71 は光周波数変調部、72 は光周波数局部発振部、73 は光合波器、74 はフォトダイオードである。

【0007】

FM-一括変換回路 81 では、光周波数変調部 71 において光周波数 f_0 のキャリア光源を用いて周波数 f_s で周波数変調すると、光周波数変調部 71 の出力における光信号の光周波数 f_{mld} は、周波数偏移を δf とすると、

$$F_{mld} = f_0 + \delta f \cdot \sin(2\pi \cdot f_s \cdot t) \quad (1)$$

となる。光周波数変調部 71 のキャリア光源としては DFB-LD (Distributed

ed Feed-Back Laser Diode、分布帰還型半導体レーザ)が使用されている。

【0008】

光周波数局部発振部72において、光周波数 f_1 の発振光源を用いて発振させ、光周波数変調部71からの光信号と光合波器73で合波する。光周波数局部発振部72の発振光源としてはDFB-LDが使用されている。光合波器73で合波された2つの光信号が光ヘテロダイン検波器であるフォトダイオード74で検波される。検波された電気信号の周波数 f は、

$$f = f_0 - f_1 + \delta f \cdot \sin(2\pi \cdot f \cdot s \cdot t) \quad (2)$$

となる。ここで、光周波数変調部71のキャリア光源と光周波数局部発振部72の発振光源の光周波数を近接させれば、図2(B)に示すような、中間周波数 $f_i = f_0 - f_1$ が、数GHzで周波数偏移 δf の周波数変調された電気信号を得ることが出来る。

【0009】

一般にDFB-LDは注入電流で変調することにより、その光周波数が注入電流に伴って数GHzの幅で変動するので、周波数偏移 δf としては、数GHzの値を得ることができる。例えば、約90MHzから約750MHzの周波数幅に周波数多重された多チャンネルのAM映像信号又はQAM映像信号をFM一括変換回路により、図2(B)に示すような中間周波数 $f_i = f_0 - f_1$ を約3GHzとする、帯域約6GHzの周波数変調信号に変換できる。

【0010】

光信号受信機90に適用できるFM復調回路の構成を図4に示す。図4は、遅延線検波によるFM復調回路であって、92はFM復調回路、76はリミッター増幅器、77は遅延線、78はANDゲート、79はローパスフィルタである。

【0011】

FM復調回路92内では、入力された周波数変調光信号は、リミッター増幅器76で方形波に整形される。リミッター増幅器76の出力は2分岐され、一方はANDゲート78の入力端子に入力され、他方は極性が反転された後、遅延線77により時間 τ だけ遅延されてからANDゲート78の入力端子に入力される。このANDゲート78の出力がローパスフィルタ79により平滑されると周波数復調出力となる(例えば、非特許文献1参照)。

【0012】

なお、FM復調回路の回路形式としては、ここで述べた遅延線検波によるFM復調回路のほかにも、共振回路を用いた2同調型周波数弁別器、フォスターシーリー型周波数弁別器、比率検波型FM復調器がある。

【特許文献1】特許2700622号公報

【非特許文献1】ITU-T標準J.185「Transmission equipment for transferring multi-channel television signals over optical access networks by FM conversion」ITU-T

【非特許文献2】柴田宣他著「FM一括変換方式を用いた光映像分配システム」電子情報通信学会論文誌B、Vol. J83-B、No. 7、pp. 948-959、2000年7月

【非特許文献3】鈴木他著「パルス化FM一括変換変調アナログ光CATV分配方式」電子情報通信学会秋季大会、B-603、1991

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

このような多チャンネル映像信号の伝送には低雑音と低ひずみが要求される。非特許文献2では、FM一括変換方式を用いた光信号送信機及び光信号伝送システムにおいては、CNR(Carrier-to-Noise Ratio)に対する仕様は42dB、C

SO (Composite Second-Order Distortion) とCTB (Composite Triple Beat) に対する仕様は-54 dBに設定されている。

【0014】

しかし、従来のFM一括変換方式を用いた光信号送信機ではCNR値が、仕様値を満たしているものの43 dBから47 dBで飽和している。CSOとCTBについても同様に、仕様値を満たしているものの仕様値をわずかに超えた値で飽和している。光信号送信機をより低雑音で構成することができれば、CNRを大きくすることができ、その結果、CNR仕様値42 dBを満足する光信号受信機の最小電力を小さくすることができる。光信号受信機の最小受光電力を小さくすることができれば、伝送距離の長大化や光分岐比の拡大が可能になる。

【0015】

従来のFM一括変換回路で使用している光周波数変調部のDFB-LDは構造にまで戻って、設計変更することは困難で、低雑音特性、低ひずみ特性を実現することが難しかった。そこで、本発明では、低雑音で、低ひずみな光信号送信機及び当該光信号送信機を利用した光信号伝送システムを実現することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0016】

このような目的を達成するために、本願第一発明は、電気信号をN個(Nは2以上の整数)に分配して出力する分配回路と、該分配回路のそれぞれの出力を周波数変調して出力するN個のFM一括変換回路と、該N個のFM一括変換回路の出力を合波して出力する合波回路と、該合波回路の出力を強度変調して光伝送路に送信する光信号を出力する送信回路と、を有する光信号送信機であって、該N個のFM一括変換回路の周波数偏置量及び中間周波数が略等しく、かつ、該N個のFM一括変換回路のそれぞれの出力の位相が略一致するように設定されている光信号送信機である。

【0017】

本願第二発明は、本願第一発明における前記FM一括変換回路が、それぞれが、前記分配回路からの電気信号を変調入力とし周波数変調された周波数変調光信号を出力する光周波数変調部と、該光周波数変調部の出力する周波数変調光信号の中心光周波数から中間周波数に略等しい周波数だけ離れた光周波数の局部発振光信号を出力する光周波数局部発振部と、該周波数変調光信号及び該局部発振光信号を合波し合波光信号を出力する光合波器と、該光合波器からの合波光信号をヘテロダイン検波して該周波数変調光信号の光周波数と該局部発振光信号との光周波数との差に等しい周波数の電気信号を出力する光検波器と、を備えることを特徴とする光信号送信機である。

【0018】

本願第三発明は、本願第一発明における前記FM一括変換回路が、それぞれが、前記分配回路からの電気信号を位相が反転した2つの電気信号に分配する差動分配器と、該差動分配器からの2つの電気信号のうちの一方の電気信号を変調入力とし周波数変調された第一の周波数変調光信号を出力する第一の光周波数変調部と、該第一の周波数変調光信号の中心光周波数から中間周波数に略等しい周波数だけ離れた光周波数の第二の周波数変調光信号であって、かつ該差動分配器からの2つの電気信号のうちの他方の電気信号を変調入力とし周波数変調された第二の周波数変調光信号を出力する第二の光周波数変調部と、該第一の周波数変調光信号及び該第二の周波数変調光信号を合波して合波光信号を出力する光合波器と、該光合波器からの合波光信号をヘテロダイン検波して該第一の周波数変調光信号の光周波数と該第二の周波数変調光信号の光周波数との差に等しい周波数の電気信号を出力する光検波器と、を備えることを特徴とする光信号送信機である。

【0019】

本願第四発明は、本願第一発明における前記FM一括変換回路が、それぞれが、中間周波数を中心周波数として前記分配回路からの電気信号をその電圧に応じた周波数に変換して出力する電圧制御発振器を備えることを特徴とする光信号送信機である。

【0020】

本願第五発明は、前記FM一括変換回路が、それぞれが、前記分配回路からの電気信号を位相が反転した2つの電気信号に分配する差動分配器と、該差動分配器からの2つの電気信号のうちの一方の電気信号をその電圧に応じた周波数に変換した第一の周波数変調信号を出力する第一の電圧制御発振器と、該第一の周波数変調信号の中心周波数から中間周波数に略等しい周波数だけ離れた周波数を中心周波数として、該差動分配器からの2つの電気信号のうちの他方の電気信号をその電圧に応じた周波数に変換した第二の周波数変調信号を出力する第二の電圧制御発振器と、該第一の電圧制御発振器の出力する第一の周波数変調信号及び該第二の電圧制御発振器の出力する第二の周波数変調信号を混合するミキサーと、該ミキサーの出力から該第一の周波数変調信号と該第二の周波数変調信号の周波数の差に等しい周波数の電気信号を通過させるローパスフィルタと、を備えることを特徴とする光信号送信機である。

【0021】

本願第六発明は、電気信号を2個に分配して出力する分配回路と、該分配回路からの2つの電気信号のうちの一方の電気信号を変調入力とし周波数変調された第一の周波数変調光信号を出力する第一の光周波数変調部と、該第一の光周波数変調部の出力する第一の周波数変調光信号の中心光周波数から中間周波数に略等しい周波数だけ離れた光周波数の第一の局部発振光信号を出力する第一の光周波数局部発振部と、該第一の周波数変調光信号と該第一の局部発振光信号とを偏波方向を同一にして合波し第一の合波光信号を出力する第一の光合波器と、該分配回路からの2つの電気信号うちの他方の電気信号を変調入力とし周波数変調された第二の周波数変調光信号を出力する第二の光周波数変調部と、該第二の光周波数変調部の出力する第二の周波数変調光信号の中心光周波数から中間周波数に略等しい周波数だけ離れた光周波数の第二の局部発振光信号を出力する第二の光周波数局部発振部と、該第二の周波数変調光信号と該第二の局部発振光信号とを偏波方向を同一にして合波し第二の合波光信号を出力する第二の光合波器と、該第一の光合波器から出力される第一の合波光信号と該第二の光合波器から出力される第二の合波光信号とをそれぞれの偏波方向を直交させて合波して第三の合波光信号を出力する第三の光合波器と、該第三の光合波器から出力される第三の合波光信号をヘテロダイン検波して該第一の周波数変調光信号の光周波数と該第一の局部発振光信号の光周波数との差に等しい周波数の電気信号と、該第二の周波数変調光信号の光周波数と該第二の局部発振光信号の光周波数との差に等しい周波数の電気信号とを出力する光検波器と、該検波信号により光源を強度変調し光伝送路に送信する光信号を出力する送信回路と、を有する光信号送信機であって、該第一の光周波数変調部と該第二の光周波数変調部との周波数偏置量が略等しく、かつ、該光検波器における該第一の合波光信号をヘテロダイン検波することにより得られる電気信号の位相と、第二の合波光信号をヘテロダイン検波することにより得られる電気信号の位相とが略一致するように設定されている光信号送信機である。

【0022】

本願第七発明は、電気信号を2個に分配して出力する分配回路と、該分配回路からの2つの電気信号のうちの一方の電気信号をそれぞれが、前記分配回路からの電気信号を位相が反転した2つの電気信号に分配する第一の差動分配器と、該第一の差動分配器の一方の出力を変調入力とし周波数変調された第一の周波数変調光信号を出力する第一の光周波数変調部と、該第一の差動分配器の他方の出力を変調入力とし該第一の光周波数変調部の出力する第一の周波数変調光信号の中心光周波数から中間周波数に略等しい周波数だけ離れた光周波数の第二の周波数変調光信号を出力する第二の光周波数変調部と、該第一の周波数変調光信号と該第二の周波数変調光信号とを偏波方向を同一にして合波し第一の合波光信号を出力する第一の光合波器と、該分配回路の他方の出力をそれぞれが、前記分配回路からの電気信号を位相が反転した2つの電気信号に分配する第二の差動分配器と、該第二の差動分配器の一方の出力を変調入力とし周波数変調された第三の周波数変調光信号を出力する第三の光周波数変調部と、該第二の差動分配器からの2つの電気信号のうちの他方の電気信号を変調入力とし該第三の光周波数変調部の出力する第三の周波数変調光信号の

中心光周波数から中間周波数に略等しい周波数だけ離れた光周波数の第四の周波数変調光信号を出力する第四の光周波数変調部と、該第三の周波数変調光信号と該第四の周波数変調光信号とを偏波方向を同一にして合波し第二の合波光信号を出力する第二の光合波器と、該第一の光合波器から出力される第一の合波光信号と該第二の光合波器から出力される第二の合波光信号とをそれぞれの偏波方向を直交させて合波して第三の合波光信号を出力する第三の光合波器と、該第三の光合波器から出力される第三の合波光信号をヘテロダイン検波して該第一の周波数変調光信号の光周波数と該第二の周波数変調光信号の光周波数との差に等しい周波数の電気信号とを出力する光検波器と、該光検波信号により光源を強度変調し光伝送路に送信する光信号を出力する送信回路と、を有する光信号送信機であって、該第一の光周波数変調部と該第二の光周波数変調部と該第三の光周波数変調部と該第四の光周波数変調部とにおける周波数偏移量が略等しく、かつ、該光検波器における該第一の合波光信号をヘテロダイン検波することにより得られる電気信号の位相と第二の合波光信号をヘテロダイン検波することにより得られる電気信号の位相とが略一致するように設定されている光信号送信機である。

【0023】

本願第八発明は、電気信号を N 個 (N は2以上の整数) に分配して出力する分配回路と、該分配回路のそれぞれの出力を変調入力とし周波数変調された周波数変調光信号、及び該周波数変調光信号の中心光周波数から中間周波数に略等しい周波数だけ離れた光周波数の局部発振光信号を合波して出力する N 個の光周波数変調合波回路と、該 N 個の光周波数変調合波回路の出力を合波して出力する光合波回路と、該光合波回路の出力をヘテロダイン検波して該周波数変調光信号の光周波数と該局部発振光信号の光周波数との差に等しい周波数の電気信号を出力する光検波回路と、該光検波回路の出力を強度変調して光伝送路に送信する光信号を出力する送信回路と、を有する光信号送信機であって、該 N 個の光周波数変調合波回路の周波数偏移量が略等しく、かつ、該光検波回路における該 N 個の光周波数変調合波回路からの合波光信号をヘテロダイン検波することにより得られる、重畳された N 個の電気信号の位相が略一致するように設定されている光信号送信機である。

【0024】

本願第九発明は、電気信号を N 個 (N は2以上の整数) に分配して出力する分配回路と、該分配回路のそれぞれの出力を位相が反転した2つの電気信号に分配し、該分配回路からの2つの電気信号のうちの一方の電気信号を変調入力とし周波数変調された第一の周波数変調光信号、及び該分配回路からの2つの電気信号のうちの他方の電気信号を変調入力とし周波数変調された、該第一の周波数変調光信号の中心光周波数と中間周波数に略等しい周波数だけ離れた光周波数の第二の周波数変調光信号を合波して出力する N 個の差動光周波数変調合波回路と、該 N 個の差動光周波数変調合波回路の出力を合波して出力する光合波回路と、該光合波回路の出力をヘテロダイン検波して該第一の周波数変調光信号の光周波数と該第二の周波数変調光信号との差に等しい周波数の電気信号を出力する光検波回路と、該光検波回路の出力を強度変調して光伝送路に送信する光信号を出力する送信回路と、を有する光信号送信機であって、該 N 個の差動光周波数変調合波回路の周波数偏移量が略等しく、かつ、該光検波回路における該 N 個の差動光周波数変調合波回路からの合波光信号をヘテロダイン検波することにより得られる、重畳された N 個の電気信号の位相が略一致するように設定されている光信号送信機である。

【0025】

本願第十発明は、本願第一発明から第九発明に記載の光信号送信機と、該光信号送信機に光伝送路を介して接続される光電変換手段と、光電変換手段の出力を周波数復調する周波数復調手段を具備する光信号受信機と、を備えることを特徴とする光信号伝送システムである。

なお、これらの各構成は、可能な限り組み合わせることができる。

【発明の効果】

【0026】

本発明の光信号送信機及び光信号伝送システムは、電気回路や光回路部品の回路設計に戻っての回路定数の変更をすることなく、従来の電気回路や光回路部品を使用しつつ、従来の光信号送信機よりも低雑音特性、低ひずみ特性を得ることができる。

光信号送信機で低雑音特性を得ることができれば、光信号受信機の最小受光電力を小さくすることができ、伝送距離の長大化や、光信号送信機と光信号受信機との間での光分岐の分岐比の拡大が可能になる。

さらに、低ひずみ特性を得ることができれば、映像信号の受信品質を向上させることが可能になる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0027】

(実施の形態1)

本実施の形態は、分配回路により分配された電気信号を変調入力とするN個のFM一括変換回路を使用する場合の光信号送信機及び当該光信号送信機を利用した光信号伝送システムである。本発明を実施する形態を図5に示す。なお、図5はN=3の場合について例示した。図5において、10は光信号送信機、11は分配回路、12はFM一括変換回路、13は合波回路、14は送信回路としての光源、15は光増幅回路、85は光伝送路である。光源14には半導体レーザ及びこの半導体レーザを駆動する駆動回路が送信回路として含まれてもよく、さらに、送信回路には光増幅回路15を含んでもよい。

【0028】

図5において、図2(A)に示すような約90MHzから約750MHzの周波数幅に周波数多重された多チャンネルのAM映像信号又はQAM映像信号が光信号送信機10に入力されると、分配回路11によって3分配される。分配回路11のそれぞれの出力は、変調入力としてFM一括変換回路12に入力され、FM一括変換回路12で周波数変調される。3個のFM一括変換回路12の出力は、合波回路13で合波される。この合波回路13の出力は図2(B)に示すように、広帯域な周波数変調された電気信号である。この周波数変調された電気信号は光源14で光信号に強度変調されて、さらに、光信号は光増幅回路15で所定の光レベルにまで増強されて、光伝送路85に送信される。

【0029】

ここで、3個のFM一括変換回路12の周波数偏置量及び中間周波数を等しく設定し、かつFM一括変換回路12のそれぞれの出力の位相が一致するように設定すると、合波回路13により合波された電気信号は、3個のFM一括変換回路12のそれぞれの雑音量の電力和、即ち電力加算になるが、信号成分については電圧の和、即ち電圧加算になる。

【0030】

3個のFM一括変換回路12からの出力の信号成分の電圧をそれぞれ、 V_{s1} 、 V_{s2} 、 V_{s3} とし、これらが $V_{s1} = V_{s2} = V_{s3} = V_s$ とすると、合波回路13の出力の信号成分の電圧の総和 V_{st} は、 $V_{st} = V_{s1} + V_{s2} + V_{s3} = 3V_s$ (3) となる。

【0031】

光源14の入力インピーダンスをRとすれば、合波回路13に3個のFM一括変換回路12のうち1個だけから入力すると、合波回路13の出力の信号電力 P_{s1} は、 $P_{s1} = V_s^2 / R$ (4) となる。

合波回路13に3個のFM一括変換回路12から入力すると、合波回路13の出力の信号電力 P_{st} は、 $P_{st} = (V_{st})^2 / R = 9V_s^2 / R$ (5) となる。

従って、信号電力 P_{s1} と信号電力 P_{s3} の電力比は、 $10 \log (P_{st} / P_{s1}) = 20 \log (3)$ [dB] (6) となる。

【0032】

一方、3個のFM一括変換回路12からの出力の雑音成分の電力をそれぞれ、 P_{n1} 、

P_{n2} 、 P_{n3} とし、これらが $P_{n1}=P_{n2}=P_{n3}=P_n$ とすると、雑音成分に対し
ては電力加算されるので、合波回路13の出力の雑音成分の電力の総和 P_{nt} は、
 $P_{nt}=P_{n1}+P_{n2}+P_{n3}=3P_n$ (7)
となる。合波回路13に3個のFM一括変換回路12のうち1個だけから入力すると、合
波回路13の出力の雑音電力 P_{n1} は、
 $P_{n1}=P_n$ (8)
となる。従って、雑音電力 P_{n1} と雑音電力 P_{nt} の電力比は、
 $10 \log (P_{nt}/P_{n1}) = 10 \log (3)$ [dB] (9)
となる。

【0033】

このことから、3個のFM一括変換回路を使用すると、1個のFM一括変換回路を使用
するときに比べて信号電力比は、 $20 \log (3)$ [dB]になるが、雑音電力比は $10 \log (3)$ [dB]となるため、合波回路の出力における信号対雑音電力は $10 \log (3)$ [dB]だけ改善されることが分かる。図5に示す実施の形態では、FM一括変換
回路を3個使用する場合についてその構成を示したが、FM一括変換回路は2以上のN個
(Nは2以上の整数)使用すれば、信号対雑音電力は改善される。N個(Nは2以上の整
数)のFM一括変換回路を使用する場合は、FM一括変換回路を単体で使用する場合に比
べて信号対雑音電力比を $10 \log (N)$ [dB]だけ改善できる。

【0034】

ひずみについては、3個のFM一括変換回路のひずみ特性が異なっており、逆向きにひ
ずんでいれば、合波により、逆向きにひずんでいる分だけ、互いに相殺されるので、FM
一括変換回路を単体で用いる場合に比べて、低ひずみ化を可能とする。

【0035】

図1において、光送信機80に替えて、図5に示す光信号送信機10を光信号伝送シ
ステムに適用すると、光信号受信機の最小受光電力を小さくすることができ、伝送距離の長
大化や、光信号送信機と光信号受信機との間での光分岐の分岐比の拡大が可能になる。さ
らに、光信号送信機で低ひずみ特性を得ることができれば、映像信号の受信品質を向上さ
せることが可能になる。

本実施の形態では、光信号送信機に入力する信号を図2(A)を例としたが、このよ
うな信号形式にこだわらない。

【0036】

(実施の形態2)

本実施の形態は、実施の形態1で説明した光信号送信機に適用するFM一括変換回路で
あって、光周波数変調部を用いたFM一括変換回路の構成である。本発明を実施する形態
を図6に示す。図6において、12はFM一括変換回路、22は光周波数変調部、32は
光周波数局部発振部、23は光合波器、24は光検波器である。

【0037】

FM一括変換回路12では、図2(A)に示すような周波数多重された映像信号を光周
波数変調部22において光周波数 f_0 のキャリア光源を用いて周波数変調すると、周波数
偏移が δf のとき、光周波数変調部22の出力における光信号の光周波数 $F_{fm1} \delta$ は、
前述した(1)式の如くとなる。但し、(1)式では、変調信号を周波数 f_s の信号とし
ている。光周波数変調部22のキャリア光源としてはDFB-LD(Distributed
Feed-Back Laser Diode、分布帰還型半導体レーザ)を使用
することができる。

【0038】

光周波数局部発振部32において、光周波数 f_1 の発振光源を用いて発振させ、光周波
数変調部22からの光信号と光合波器23で合波させる。光周波数局部発振部32の発振
光源としてはDFB-LDを使用することができる。光合波器23で合波された2つの光
信号が光検波器23でヘテロダイン検波される。光検波器としては、ヘテロダイン
として機能するフォトダイオードを使用することができる。光検波器24でヘテロダイン

検波された電気信号の周波数 f は、前述した (2) 式の如くなる。但し、(2) 式では、変調信号を周波数 f_s の信号としている。ここで、光周波数変調部 22 のキャリア光源の光周波数と光周波数局部発振部 32 の発振光源の光周波数とを近接させれば、図 2 (B) に示すような、中間周波数 $f_i = f_{opt} - f$ が数 GHz で、周波数偏移 δf の周波数変調された電気信号を得ることが出来る。

【0039】

一般に DFB-LD は注入電流で変調することにより、その光周波数が注入電流に伴って数 GHz の幅で変動するので、周波数偏移 δf としては、数 GHz の値を得ることができる。例えば、約 90 MHz から約 750 MHz の周波数幅に周波数多重された多チャンネルの AM 映像信号又は QAM 映像信号を FM-一括変換回路により、中間周波数 $f_i = f_{opt} - f$ を約 3 GHz とする図 2 (B) に示すような、帯域約 6 GHz の周波数変調信号に変換できる。

【0040】

さらに、N 個の FM-一括変換回路で用いる光周波数変調部 22 のキャリア光源の光周波数と光周波数局部発振部 32 の発振光源の光周波数との差の周波数である中間周波数 f_i を略等しく設定して、この中間周波数を中心として略等しい周波数偏移量で周波数変調すると、図 5 の合波回路の出力は、雑音量は電力和、即ち電力加算になるが、信号成分については電圧の和、即ち電圧加算になる。

【0041】

このことから、N 組の光周波数変調部と光周波数局部発振部とを用いた光信号送信機を使用すると、1 組の場合に比べて、信号電力比は、 $20 \log(N)$ [dB] になるが、雑音電力比は $10 \log(N)$ [dB] となるため、図 5 の合波回路の出力における信号対雑音電力は $10 \log(N)$ [dB] だけ改善されることが分かる。

【0042】

ひずみについては、N 組の光周波数変調部のひずみ特性が異なっており、逆向きにひずんでいれば、合波により、逆向きにひずんでいる分だけ、互いに相殺されるので、FM-一括変換回路を単体で用いる場合に比べて、低ひずみ化を可能とする。

【0043】

このような N 個の FM-一括変換回路を光信号送信機に適用すると、光信号伝送システムにおける光信号受信機の最小受光電力を小さくすることができ、伝送距離の長大化や、光信号送信機と光信号受信機との間での光分岐の分岐比の拡大が可能になる。さらに、光信号送信機で低ひずみ特性を得ることができれば、映像信号の受信品質を向上させることが可能になる。

本実施の形態では、光信号送信機に入力する信号を図 2 (A) を例としたが、このような信号形式にこだわらない。

【0044】

(実施の形態 3)

本実施の形態は、実施の形態 1 で説明した光信号送信機に適用する FM-一括変換回路であって、2 つの光周波数変調部をプッシュプル構成に用いた FM-一括変換回路の構成である。本発明を実施する形態を図 7 に示す。図 7 において、12 は FM-一括変換回路、21 は差動分配器、22-1 は光周波数変調部、22-2 は光周波数変調部、23 は光合波器、24 は光検波器である。

【0045】

FM-一括変換回路 12 では、図 2 (A) に示すような周波数多重された映像信号が差動分配器 21 で、位相が反転した 2 つの電気信号として分配される。差動分配器 21 からの 2 つの電気信号のうちの一方の電気信号を変調入力とし、光周波数変調部 22-1 において光周波数 f_{o1} のキャリア光源を用いて周波数変調すると、周波数偏移を $\delta f/2$ のとき、光周波数変調部 22-1 の出力における光信号の光周波数 $F_{fml d1}$ は、 $F_{fml d1} = f_{o1} + (\delta f/2) \cdot \sin(2\pi \cdot f_s \cdot t)$ (10)

が得られる。但し、(10)式では、変調信号を周波数 f_s の信号としている。差動分配器からの2つの電気信号のうちの他方の電気信号を変調入力とし、光周波数変調部22-2において周波数 f_o のキャリア光源を用いて周波数変調すると、周波数偏移が $\delta f/2$ のとき、光周波数変調部22-2の出力における光信号の光周波数を F_{mld2} は、 $F_{mld2} = f_o - (\delta f/2) \cdot \sin(2\pi \cdot f_s \cdot t)$ (11) が得られる。但し、(11)式では、変調信号を周波数 f_s の信号としている。光周波数変調部22-1、22-2のキャリア光源としてはDFB-LD (Distributed Feed-Back Laser Diode、分布帰還型半導体レーザ)を使用することができ、

【0046】

光周波数変調部22-1、22-2からの出力は合波器23で合波され、合波器23で合波された2つの光信号が光検波器23でヘテロダイン検波される。光検波器としては、ヘテロダイン検波器として機能するフォトダイオードを使用することができる。光検波器24でヘテロダイン検波された電気信号の周波数 f は、前記(10)式と前記(11)式で表される値の差の周波数の電気信号が得られる。即ち、 $f = f_o - f_o - 2\delta f \cdot \sin(2\pi \cdot f_s \cdot t)$ (12)

となる。但し、(12)式では、変調信号を周波数 f_s の信号としている。ここで、光周波数変調部22-1のキャリア光源の光周波数と光周波数変調部22-2のキャリア光源の光周波数とを近接させれば、図2(B)に示すような、中間周波数 $f_i = f_o - f_l$ が数GHzで、周波数偏移 δf の周波数変調された電気信号を得ることが出来る。

【0047】

一般にDFB-LDは注入電流で変調することにより、その光周波数が注入電流に伴って数GHzの幅で変動するので、周波数偏移 δf としては、数GHzの値を得ることができる。例えば、約90MHzから約750MHzの周波数幅に周波数多重された多チャンネルのAM映像信号又はQAM映像信号をFM一括変換回路により、中間周波数 $f_i = f_o - f_l$ を約3GHzとする図2(B)に示すような、帯域約6GHzの周波数変調信号に変換できる。

【0048】

さらに、N個のFM一括変換回路で用いる光周波数変調部22-1のキャリア光源の光周波数と光周波数変調部22-2の発振光源の中心光周波数の差の周波数である中間周波数 f_i を略等しく設定して、この中間周波数を中心として略等しい周波数偏移量で周波数変調する。さらに、N個のFM一括変換回路のそれぞれの出力の位相が略一致するように設定すると、図5の合波回路の出力では、雑音量は電力和、即ち電力加算になるが、信号成分については電圧の和、即ち電圧加算になる。

【0049】

このことから、N組の光周波数変調部を用いた光信号送信機を使用すると、1組の場合に比べて信号電力比は、 $20 \log(N)$ [dB] になるが、雑音電力比は $10 \log(N)$ [dB] となるため、図5の合波回路の出力における信号対雑音電力は $10 \log(N)$ [dB] だけ改善されることが分かる。

【0050】

ひずみについては、N組の光周波数変調部のひずみ特性が異なり、逆向きにひずんでいれば、合波により、逆向きにひずんでいる分だけ、互いに相殺されるので、FM一括変換回路を単体で用いる場合に比べて、低ひずみ化を可能とする。

【0051】

このようなN個のFM一括変換回路を光信号送信機に適用すると、光信号伝送システムにおける光信号受信機の最小受光電力を小さくすることができ、伝送距離の長大化や、光信号送信機と光信号受信機との間での分光岐の分岐比の拡大が可能になる。さらに、光信号送信機で低ひずみ特性を得ることができれば、映像信号の受信品質を向上させることが可能になる。

本実施の形態では、光信号送信機に入力する信号を図2(A)を例としたが、このよう

な信号形式にこだわらない。

【0052】

(実施の形態4)

本実施の形態は、実施の形態1で説明した光信号送信機に適用するFM一括変換回路であって、電圧制御発振器を用いたFM一括変換回路である。本発明を実施する形態を図8に示す。図8において、12はFM一括変換回路、26は電圧制御発振器である。

【0053】

FM一括変換回路12では、図2(A)に示すような周波数多重された映像信号を電圧制御発振器26において周波数 f_o を中心周波数として周波数変調すると、出力の電気信号の周波数 f_v は、周波数偏移が δd のとき、

$$f_v = f_o + \delta f \cdot \sin(2\pi \cdot f_s \cdot t) \quad (13)$$

となり、中間周波数 $f_i = f_o$ 、周波数偏移 δf の周波数変調信号が得られる。但し、(13)式では、変調信号を周波数 f_s の信号としている。

【0054】

例えば、約90MHzから約750MHzの周波数幅に周波数多重された多チャンネルのAM映像信号又はQAM映像信号をFM一括変換回路により、中間周波数 $f_i = f_o$ を約3GHzとする、図2(B)に示すような帯域約6GHzの周波数変調信号に変換できる。

【0055】

さらに、N個のFM一括変換回路で用いる電圧制御発振器26の中間周波数 f_i を略等しく設定して、この中間周波数を中心として略等しい周波数偏移量で周波数変調する。さらに、N個のFM一括変換回路のそれぞれの出力の位相が略一致するように設定すると、図5の合波回路の出力では、雑音量は電力和、即ち電力加算になるが、信号成分については電圧の和、即ち電圧加算になる。

【0056】

このことから、N個の電圧制御発振器を用いた光信号送信機を使用すると、1個の場合に比べて信号電力比は、 $20 \log(N)$ [dB]になるが、雑音電力比は $10 \log(N)$ [dB]となるため、図5の合波回路の出力における信号対雑音電力は $10 \log(N)$ [dB]だけ改善されることが分かる。

【0057】

ひずみについては、N個の電圧制御発振器のひずみ特性が異なっており、逆向きにひずんでいれば、合波により、逆向きにひずんでいる分だけ、互いに相殺されるので、FM一括変換回路を単体で用いる場合に比べて、低ひずみ化を可能とする。

【0058】

このようなN個のFM一括変換回路を光信号送信機に適用すると、光信号伝送システムにおける光信号受信機の最小受光電力を小さくすることができ、伝送距離の長大化や、光信号送信機と光信号受信機との間での光分岐の分岐比の拡大が可能になる。さらに、光信号送信機で低ひずみ特性を得ることができれば、映像信号の受信品質を向上させることが可能になる。

本実施の形態では、光信号送信機に入力する信号を図2(A)を例としたが、このような信号形式にこだわらない。

【0059】

(実施の形態5)

本実施の形態は、実施の形態1で説明した光信号送信機に適用するFM一括変換回路であって、2つの電圧制御発振器をプッシュプル構成に用いたFM一括変換回路の構成である。本発明を実施する形態を図9に示す。図9において、12はFM一括変換回路、21は差動分配器、28-1は電圧制御発振器、28-2は電圧制御発振器、29はミキサ、30はローパスフィルタである。

【0060】

FM一括変換回路12では、図2(A)に示すような周波数多重された映像信号が差動

分配器21で、位相が反転した2つの電気信号に分配される。差動分配器21からの2つの電気信号のうちの一方向の電気信号を、電圧制御発振器28-1において周波数 f_0 を中心周波数とする周波数変調すると、出力の電気信号の周波数 f_{v1} は、周波数偏移が $\delta f/2$ のとき、

$$f_{v1} = f_{o1} + (\delta f/2) \cdot \sin(2\pi \cdot f_s \cdot t) \quad (14)$$

となり、中間周波数 $f_i = f_{o1}$ 、周波数偏移 $\delta f/2$ の周波数変調信号が得られる。但し、(14)式では、変調信号を周波数 f_s の信号としている。差動分配器21からの2つの電気信号のうち他方の電気信号を変調入力とし、電圧制御発振器28-2において周波数 f_{o1} を中心周波数として周波数変調すると、出力の電気信号の周波数 f_{v2} は、周波数偏移が $\delta f/2$ のとき、

$$f_{v2} = f_{o2} - (\delta f/2) \cdot \sin(2\pi \cdot f_s \cdot t) \quad (15)$$

となり、中間周波数 $f_i = f_{o2}$ 、周波数偏移 $\delta f/2$ の周波数変調信号が得られる。但し、(15)式では、変調信号を周波数 f_s の信号としている。

【0061】

電圧制御発振器28-1、28-2からの出力をミキサ-29でミキシングし、ミキサ-29でミキシングされた2つの電気信号がローパスフィルタ30で平滑化される。中間周波数 f_{o1} と中間周波数 f_{o2} の差に等しい周波数の電気信号を通過させるローパスフィルタ30で平滑化された電気信号の周波数 f は、前記(14)式と前記(15)式で表される値の差の周波数の電気信号が得られる。即ち、

$$f = f_{o1} - f_{o2} + \delta f \cdot \sin(2\pi \cdot f_s \cdot t) \quad (16)$$

となる。但し、(16)式では、変調信号を周波数 f_s の信号としている。ここで、図2(B)に示すような、中間周波数 $f_i = f_{o1} - f_{o2}$ が数GHzで、周波数偏移 δf の周波数変調された電気信号を得ることが出来る。

【0062】

例えば、約90MHzから約750MHzの周波数幅に周波数多重された多チャンネルのAM映像信号又はQAM映像信号をFM一括変換回路により、中間周波数 $f_i = f_{o1} - f_{o2}$ を約3GHzとする図2(B)に示すような、帯域約6GHzの周波数変調信号に変換できる。

【0063】

さらに、N個のFM一括変換回路で用いる電圧制御発振器28-1と電圧制御発振器28-2の差の周波数である中間周波数 f_i を略等しく設定して、この中間周波数を中心として略等しい周波数偏移量で周波数変調する。さらに、N個のFM一括変換回路のそれぞれの出力の位相が略一致するように設定すると、図5の合波回路の出力は、雑音量は電力和、即ち電力加算になるが、信号成分については電圧の和、即ち電圧加算になる。

【0064】

このことから、N組の電圧制御発振器を用いた光信号送信機を使用すると、1個の場合に比べて信号電力比は、 $20 \log(N)$ [dB]になるが、雑音電力比は $10 \log(N)$ [dB]となるため、図5の合波回路の出力における信号対雑音電力比は $10 \log(N)$ [dB]だけ改善されることが分かる。

【0065】

ひずみについては、N組の光周波数変調部のひずみ特性が異なっており、逆向きにひずんでいれば、合波により、逆向きにひずんでいる分だけ、互いに相殺されるので、FM一括変換回路を単体で用いる場合に比べて、低ひずみ化を可能とする。

【0066】

このようなN個のFM一括変換回路を光信号送信機に適用すると、光信号伝送システムにおける光信号受信機の最小受光電力を小さくすることができ、伝送距離の長大化や、光信号送信機と光信号受信機との間での光分岐の分岐比の拡大が可能になる。さらに、光信号送信機で低ひずみ特性を得ることができれば、映像信号の受信品質を向上させることが可能になる。

本実施の形態では、光信号送信機に入力する信号を図2(A)を例としたが、このよう

な信号形式にこだわらない。

【0067】

(実施の形態6)

本実施の形態は、光信号送信機の中に、光周波数変調部と光周波数局部発振部とを2組用いた光信号送信機及び当該光信号送信機を利用した光信号伝送システムである。本発明を実施する形態を図10に示す。図10において、10は光信号送信機、11は分配回路、22-1は光周波数変調部、22-2は光周波数変調部、32-1は光周波数局部発振部、32-2は光周波数局部発振部、25-1は光合波器、25-2は光合波器、27は光合波器、24は光検波器、14は送信回路としての光源、15は光増幅回路、85は光伝送路である。光源14には半導体レーザ及びこの半導体レーザを駆動する駆動回路が送信回路として含まれてもよく、さらに、送信回路には光増幅回路15を含んでもよい。

【0068】

図10において、図2(A)に示すような約90MHzから約750MHzの周波数幅に周波数多重された多チャンネルのAM映像信号又はQAM映像信号が光信号送信機10に入力されると、分配回路11によって2分配される。分配回路11の一方の出力は、変調入力として光周波数変調部22-1に入力され、周波数変調される。分配回路11の他方の出力は変調入力として光周波数変調部22-2に入力され、周波数変調される。

【0069】

光周波数変調部22-1で周波数変調された光信号は、光周波数局部発振部32-1からの局部発振光と偏波方向を同一にして光合波器25-1で合波される。ここで、光周波数局部発振部32-1の光周波数は、光周波数変調部22-1から出力される周波数変調された光信号の中心光周波数と中間周波数に略等しい周波数だけ離れている。

【0070】

光周波数変調部22-2で周波数変調された光信号は、光周波数局部発振部32-2からの局部発振光と偏波方向を同一にして光合波器25-2で合波される。ここで、光周波数局部発振部32-2の光周波数は、光周波数変調部22-2から出力される周波数変調された光信号の中心光周波数と中間周波数に略等しい周波数だけ離れている。

【0071】

これら光合波器25-1、25-2から出力された光信号は、光合波器27で光合波器25-1から出力される光信号と光合波器25-2から出力される第二の光信号とをそれぞれの偏波方向を直交させて合波され、出力される。光検波器24では、光合波器27から出力される光信号をヘテロダイン検波して、光周波数変調部からの光信号の光周波数と光周波数局部発振部からの局部発振光の光周波数との差に等しい周波数の電気信号を出力する。検波器24にはヘテロダイン検波するフォトダイオードが適用できる。この検波器24の出力は図2(B)に示すように、広帯域な周波数変調された電気信号である。この周波数変調された電気信号は光源14で光信号に強度変調されて、さらに、光信号は光増幅回路15で所定の光レベルにまで増強されて、光伝送路85に送信される。光源にはDFB-B-LD等の半導体レーザが適用できる。

【0072】

ここで、2個の光周波数変調部22-1と22-2の周波数偏移量を略等しくなるように設定する。また、光周波数変調部22-1の光信号の光周波数と光周波数局部発振部32-1の局部発振光の光周波数との差を、光周波数変調部22-2の光信号の光周波数と光周波数局部発振部32-2の局部発振光の光周波数との差に略等しく設定する。さらに、光合波器25-1からの合波光信号を光検波器24でヘテロダイン検波することにより得られる電気信号の位相と、光合波器25-2からの合波光信号を光検波器24でヘテロダイン検波することにより得られる電気信号の位相とを略等しくなるように設定すると、光検波器24により検波された電気信号は、雑音量は電力和、即ち電力加算になるが、信号成分については電圧の和、即ち電圧加算になる。

【0073】

このことから、2組の光周波数変調部と光周波数局部発振部とを用いた光信号送信機を

出力される第二の光信号とがそれぞれの偏波方向を直交させて合波され、出力される。光検波器 24 では、合波器 27 から出力される光信号をヘテロダイン検波して、光周波数変調部 22-1 からの周波数変調光信号の光周波数と光周波数変調部 22-2 からの周波数変調光信号の光周波数との差、及び光周波数変調部 22-3 からの周波数変調光信号の光周波数と光周波数変調部 22-4 からの周波数変調光信号の光周波数との差に等しい周波数の電気信号を出力する。検波器 24 にはヘテロダイン検波するフォトダイオードが適用できる。この検波器 24 の出力は図 2 (B) に示すように、広帯域な周波数変調された電気信号である。この周波数変調された電気信号は光源 14 で光信号に強度変調されて、さらに、光信号は光増幅回路 15 で所定の光レベルにまで増強されて、光伝送路 85 に送信される。光源には DFB-LD 等の半導体レーザが適用できる。

【0080】

ここで、光周波数変調部 22-1 と光周波数変調部 22-2 と光周波数変調部 22-3 と光周波数変調部 22-4 とにおける周波数偏移量が略等しくなるように設定する。また、合波器 25-1 からの合波光信号を光検波器 24 でヘテロダイン検波することにより得られる電気信号の位相と、合波器 25-2 からの合波光信号を光検波器 24 でヘテロダイン検波することにより得られる電気信号の位相とを略等しくなるように設定すると、光検波器 24 により検波された電気信号は、雑音量は電力和、即ち電力加算になるが、信号成分については電圧の和、即ち電圧加算になる。

【0081】

このことから、プッシュプル型の 2 個の光周波数変調部を 2 組用いた光信号送信機を使用すると、1 組の場合に比べて信号電力比は、 $20 \log(2)$ [dB] になるが、雑音電力比は $10 \log(2)$ [dB] となるため、合波回路の出力における信号対雑音電力は $10 \log(2)$ [dB] だけ改善されることが分かる。

【0082】

ひずみについては、プッシュプル型の 2 個の光周波数変調部のひずみ特性が異なっており、逆向きにひずんでいれば、合波により、逆向きにひずんでいる分だけ、互いに相殺されるので、FM-一括変換回路を単体で用いる場合に比べて、低ひずみ化を可能とする。

【0083】

図 1 において、光送信機 80 に替えて、図 11 に示す光信号送信機 10 を光信号伝送システムに適用すると、光信号受信機の最小受光電力を小さくすることができ、伝送距離の長大化や、光信号送信機と光信号受信機との間での光分岐の分岐比の拡大が可能になる。さらに、光信号送信機で低ひずみ特性を得ることができれば、映像信号の受信品質を向上させることが可能になる。

本実施の形態では、光信号送信機に入力する信号を図 2 (A) を例としたが、このような信号形式にこだわらない。

【0084】

(実施の形態 8)

本実施の形態は、分配回路により分配された電気信号を変調入力とする N 個の光周波数変調合波回路を使用する場合の光信号送信機及び当該光信号送信機を利用した光信号伝送システムである。本発明を実施する形態を図 12 に示す。図 12 において、10 は光信号送信機、11 は分配回路、33 は光周波数変調合波回路、34 は光合波回路、35 は光検波回路、14 は送信回路としての光源、15 は光増幅回路、85 は光伝送路である。光源 14 には半導体レーザ及びこの半導体レーザを駆動する駆動回路が送信回路として含まれてもよく、さらに、送信回路には光増幅回路 15 を含んでもよい。光周波数変調合波回路 33 の構成を図 13 に示す。図 13 において、33 は光周波数変調合波回路、22 は光周波数変調部、32 は光周波数局部発振部、23 は合波器である。

【0085】

図 12 において、図 2 (A) に示すような約 90 MHz から約 750 MHz の周波数幅に周波数多重された多チャンネルの AM 映像信号又は QAM 映像信号が光信号送信機 10 に入力されると、分配回路 11 によって N 個に分配される。なお、図 12 では $N=3$ の場

合について例示した。分配回路 11 の出力は、変調入力としてそれぞれ N 個の光周波数変調合波回路 33 に入力され、図 13 に示す光周波数変調部 22 で周波数変調される。

【0086】

図 13 に示す光周波数変調合波回路 33 において、光周波数変調部 22 は周波数変調された周波数変調光信号を出力し、この光信号の光周波数と中間周波数に略等しい周波数だけ離れた光周波数の局部発振光信号を光周波数局部発振部 32 が出力する。周波数変調された光信号と光周波数局部発振部 32 からの出力とは光合波器 23 で合波される。

【0087】

3 個の光周波数変調合波回路 33 から合波された光信号は、光合波回路 34 で合波され、光検波回路 35 でヘテロダイン検波されて、光周波数変調部からの周波数変調光信号の光周波数と光周波数局部発振部からの局部発振光信号の光周波数との差に等しい周波数の電気信号となる。光検波回路 35 にはフォトダイオードが適用できる。この光検波回路 35 の出力は図 2 (B) に示すように、広帯域な周波数変調された電気信号である。この周波数変調された電気信号は光源 14 で光信号に強度変調されて、さらに、光信号は光増幅回路 15 で所定の光レベルにまで増強されて、光伝送路 85 に送信される。光源には DFB-LD 等の半導体レーザが適用できる。

【0088】

ここで、N 個の光周波数変調合波回路の周波数偏移量を略等しくするように設定する。さらに、N 個の光周波数変調合波回路 33 からの光信号を光検波回路 35 でヘテロダイン検波することにより得られる電気信号の位相がそれぞれ略等しくするように設定すると、光検波回路 35 により検波された電気信号は、雑音量は電力和、即ち電力加算になるが、信号成分については電圧の和、即ち電圧加算になる。

【0089】

このことから、N 個の光周波数変調合波回路を用いた光信号送信機を使用すると、信号電力は、 $20 \log(N)$ になるが、雑音電力は $10 \log(N)$ となるため、合波回路の出力における信号対雑音電力は $10 \log(N)$ [dB] だけ改善されることが分かる。

。

【0090】

ひずみについては、N 個の光周波数変調部のひずみ特性が異なっており、逆向きにひずんでいれば、合波により、逆向きにひずんでいる分だけ、互いに相殺されるので、低ひずみ化を可能とする。

【0091】

図 1 において、光送信機 80 に替えて、図 12 に示す光信号送信機 10 を光信号伝送システムに適用すると、光信号受信機の最小受光電力を小さくすることができ、伝送距離の長大化や、光信号送信機と光信号受信機との間での光分岐の分岐比の拡大が可能になる。さらに、光信号送信機で低ひずみ特性を得ることができれば、映像信号の受信品質を向上させることが可能になる。

本実施の形態では、光信号送信機に入力する信号を図 2 (A) を例としたが、このような信号形式にこだわらない。

【0092】

(実施の形態 9)

本実施の形態は、分配回路により分配された電気信号を変調入力とする N 個の差動光周波数変調合波回路を使用する場合の光信号送信機及び当該光信号送信機を利用した光信号伝送システムである。本発明を実施する形態を図 14 に示す。なお、図 14 には $N=3$ の場合について例示した。図 14 において、10 は光信号送信機、11 は分配回路、36 は差動光周波数変調合波回路、34 は光合波回路、35 は光検波回路、14 は送信回路としての光源、15 は光増幅回路、85 は光伝送路である。光源 14 には半導体レーザ及びこの半導体レーザを駆動する駆動回路が送信回路として含まれてもよく、さらに、送信回路には光増幅回路 15 を含んでもよい。差動光周波数変調合波回路 36 の構成を図 15 に示す。図 15 において、36 は差動光周波数変調合波回路、21 は差動分配器、22-1 は

光周波数変調部、22-2は光周波数変調部、23は光合波器である。

【0093】

図14において、図2(A)に示すような約90MHzから約750MHzの周波数幅に周波数多重された多チャンネルのAM映像信号又はQAM映像信号が光信号送信機10に入力されると、分配回路11によってN個に分配される。分配回路11の出力は、変調入力としてそれぞれN個の差動光周波数変調合波回路36に入力される。

【0094】

図15に示す差動光周波数変調合波回路36において、分配回路11からの出力は差動分配器21によって位相が反転した2つの電気信号に分配され、光周波数変調部22-1と光周波数変調部22-2でそれぞれ周波数変調された周波数変調光信号となる。光周波数変調部22-1の出力する光信号の光周波数と光周波数変調部22-2の出力する光信号の中心光周波数は中間周波数だけ離れている。光周波数変調部22-1と光周波数変調部22-2からの周波数変調光信号が光合波器23で合波されて、図14に示す光合波回路34に出力される。ここで、N個の差動光周波数変調合波回路36における中間周波数は略等しく設定されている。

【0095】

N個の差動光周波数変調合波回路36からの光信号は、光合波回路34により合波され、光検波回路35でヘテロダイン検波されて、光周波数変調部22-1からの周波数変調光信号の光周波数と光周波数変調部22-2からの周波数変調光信号の光周波数の差に等しい周波数の電気信号となる。光検波回路35にはフォトダイオードが適用できる。この光検波回路35の出力は図2(B)に示すように、広帯域な周波数変調された電気信号である。この周波数変調された電気信号は光源14で光信号に強度変調されて、さらに、光信号は光増幅回路15で所定の光レベルにまで増強されて、光伝送路85に送信される。光源にはDFB-LD等の半導体レーザが適用できる。

【0096】

ここで、N個の差動光周波数変調合波回路の周波数偏移量を略等しくするように設定する。さらに、N個の差動光周波数変調合波回路36からの周波数変調光信号を光検波回路35でヘテロダイン検波して得られる電気信号の位相がそれぞれ略等しくするように設定すると、光検波回路35により検波された電気信号は、雑音量は電力和、即ち電力加算になるが、信号成分については電圧の和、即ち電圧加算になる。

【0097】

このことから、N個の差動光周波数変調合波回路を用いた光信号送信機を使用すると、信号電力は、 $20 \log(N)$ になるが、雑音電力は $10 \log(N)$ となるため、合波回路の出力における信号対雑音電力は $10 \log(N)$ [dB]だけ改善されることが分かる。

【0098】

ひずみについては、2N個の光周波数変調部のひずみ特性が異なっており、逆向きにひずんでいれば、合波により、逆向きにひずんでいる分だけ、互いに相殺されるので、低ひずみ化を可能とする。

【0099】

図1において、光送信機80に替えて、図14に示す光信号送信機10を光信号伝送システムに適用すると、光信号受信機の最小受光電力を小さくことができ、伝送距離の長大化や、光信号送信機と光信号受信機との間での光分岐の分岐比の拡大が可能になる。さらに、光信号送信機で低ひずみ特性を得ることができれば、映像信号の受信品質を向上させることが可能になる。

本実施の形態では、光信号送信機に入力する信号を図2(A)を例としたが、このような信号形式にこだわらない。

【産業上の利用可能性】

【0100】

本発明の光送信機及び光伝送システムは、光伝送路の網形態がシングルスター(SS:

Single Star) 形式のトポロジである場合のみならず、パッシブダブルスター (PDS: Passive Double Star) 形式のトポロジである場合にも適用することができる。

【図面の簡単な説明】

【0101】

【図1】 FM一括変換方式を用いた従来の光信号送信機及び光信号伝送システムの構成を説明する図である

【図2】 光信号送信機及び光信号伝送システムにおける信号形式を説明する図である。

【図3】 FM一括変換方式に適用できる従来のFM一括変換回路の構成を説明する図である。

【図4】 光信号受信機に適用できるFM復調回路の構成を説明する図である。

【図5】 分配回路により分配された電気信号を変調入力とするN個のFM一括変換回路を使用する場合の光信号送信機の構成を説明する図である。

【図6】 光信号送信機に適用するFM一括変換回路であって、光周波数変調部を用いたFM一括変換回路の構成を説明する図である。

【図7】 光信号送信機に適用するFM一括変換回路であって、2つの光周波数変調部をプッシュプル構成に用いたFM一括変換回路の構成を説明する図である。

【図8】 光信号送信機に適用するFM一括変換回路であって、電圧制御発振器を用いたFM一括変換回路の構成を説明する図である。

【図9】 光信号送信機に適用するFM一括変換回路であって、2つの電圧制御発振器をプッシュプル構成に用いたFM一括変換回路の構成を説明する図である。

【図10】 光信号送信機の中に、光周波数変調部と光周波数局部発振部とを2組用いた光信号送信機の構成を説明する図である。

【図11】 光信号送信機の中に、2つの光周波数変調部をプッシュプル構成に用い、それを2組用いた光信号送信機の構成を説明する図である。

【図12】 分配回路により分配された電気信号を変調入力とするN個の光周波数変調合波回路を使用する場合の光信号送信機の構成を説明する図である。

【図13】 光周波数変調合波回路の構成を説明する図である。

【図14】 分配回路により分配された電気信号を変調入力とするN個の差動光周波数変調合波回路を使用する場合の光信号送信機の構成を説明する図である。

【図15】 差動光周波数変調合波回路の構成を説明する図である。

【符号の説明】

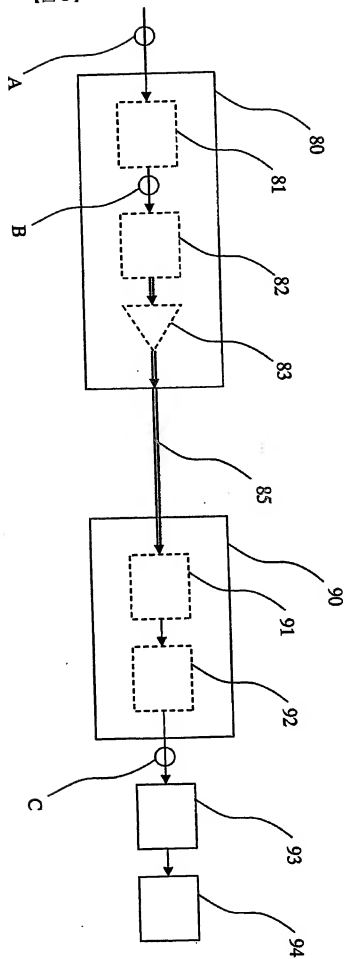
【0102】

- 10 光信号送信機
- 11 分配回路
- 12 FM一括変換回路
- 13 合波回路
- 14 送信回路としての光源
- 15 光増幅回路
- 85 光伝送路
- 21 差動分配器
- 21-1 差動分配器
- 21-2 差動分配器
- 22 光周波数変調部
- 22-1 光周波数変調部
- 22-2 光周波数変調部
- 22-3 光周波数変調部
- 22-4 光周波数変調部
- 23 光合波器

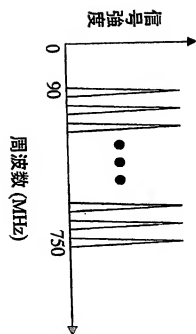
- 24 光検波器
- 25-1 光合波器
- 25-2 光合波器
- 26 電圧制御発振器
- 27 光合波器
- 28-1 電圧制御発振器
- 28-2 電圧制御発振器
- 29 ミキサー
- 30 ローパスフィルタ
- 32 光周波数局部発振部
- 32-1 光周波数局部発振部
- 32-2 光周波数局部発振部
- 33 光周波数変調合波回路
- 34 光合波回路
- 35 光検波回路
- 36 差動光周波数変調合波回路
- 71 光周波数変調部
- 72 光周波数局部発振部
- 73 光合波器
- 74 フォトダイオード
- 76 リミッター増幅器
- 77 遅延線
- 78 ANDゲート
- 79 ローパスフィルタ
- 80 光信号送信機
- 81 FM一括変換回路
- 82 光源
- 83 光増幅回路
- 85 光伝送路
- 90 光信号受信機
- 91 光電変換回路
- 92 FM復調回路
- 93 セットトップボックス
- 94 テレビ受像機

【書類名】図面

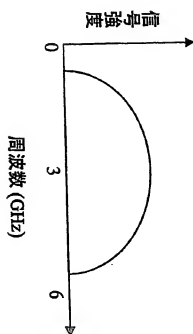
【図1】



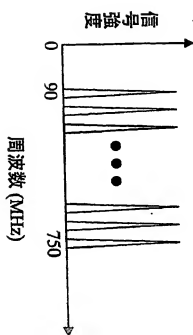
(A)



(B)

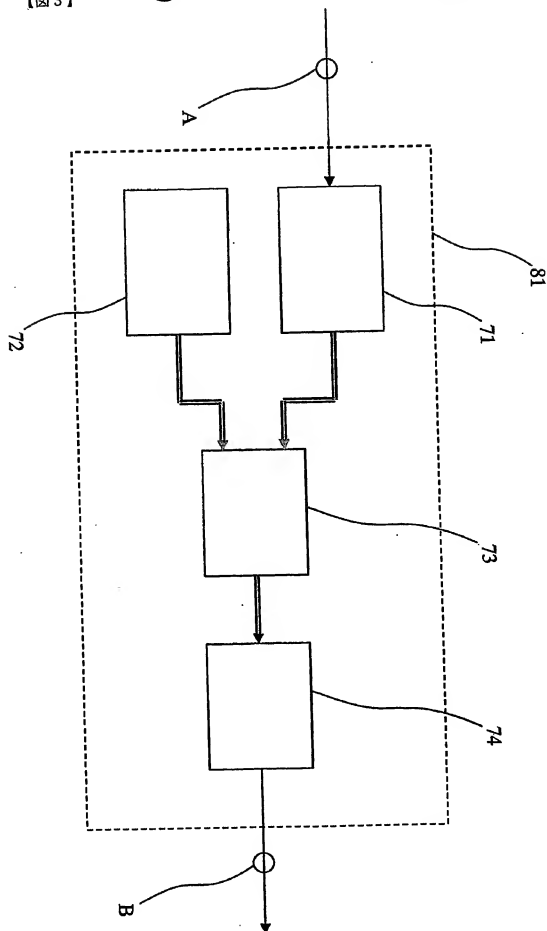


(C)

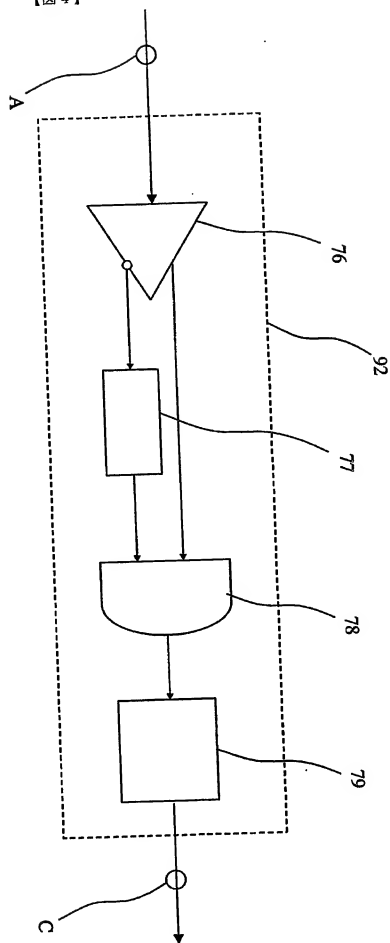


【図2】

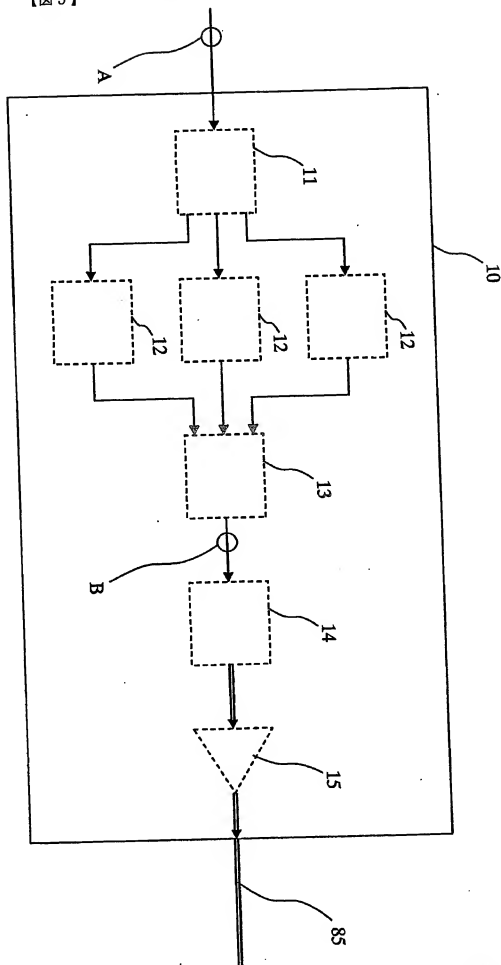
【図3】



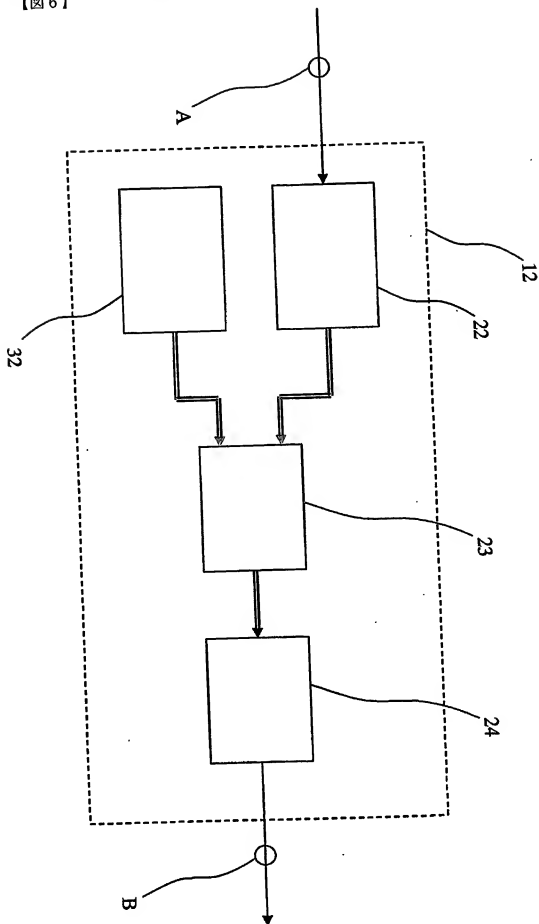
【図4】



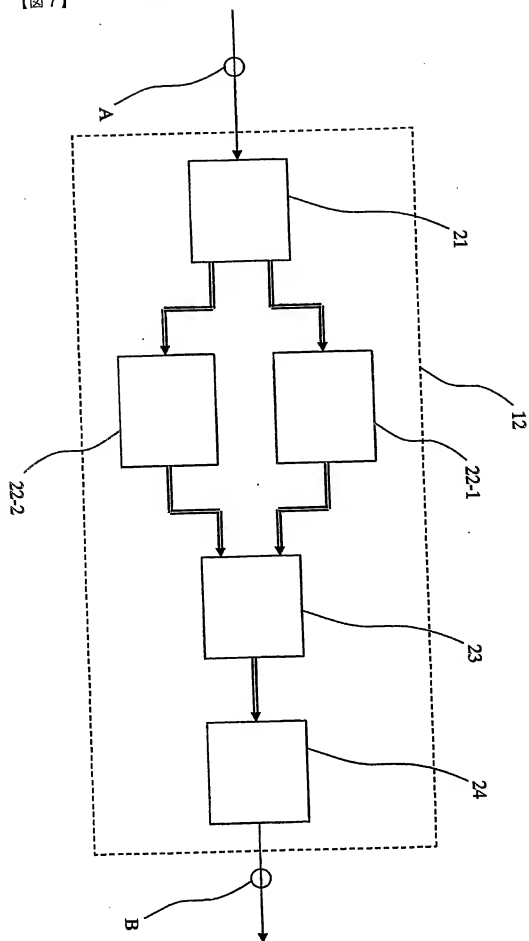
【図 5】



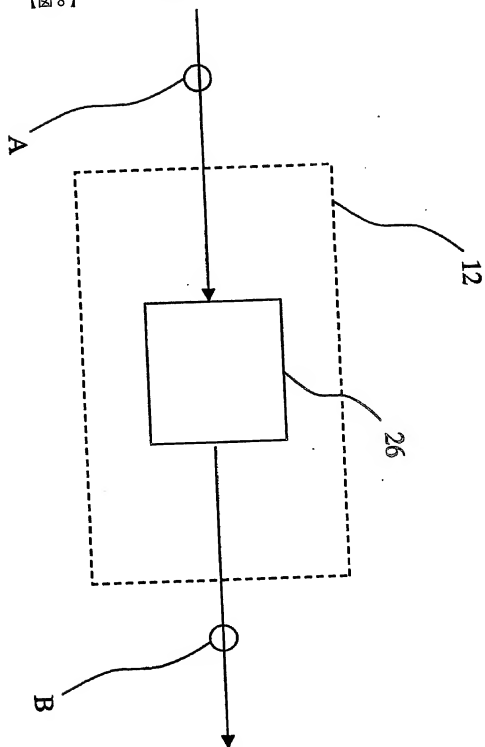
【図6】



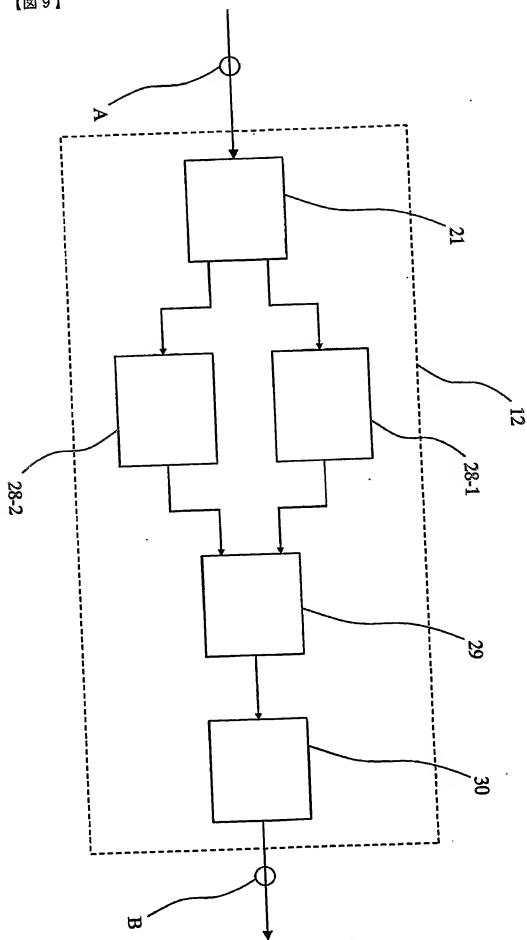
【図 7】



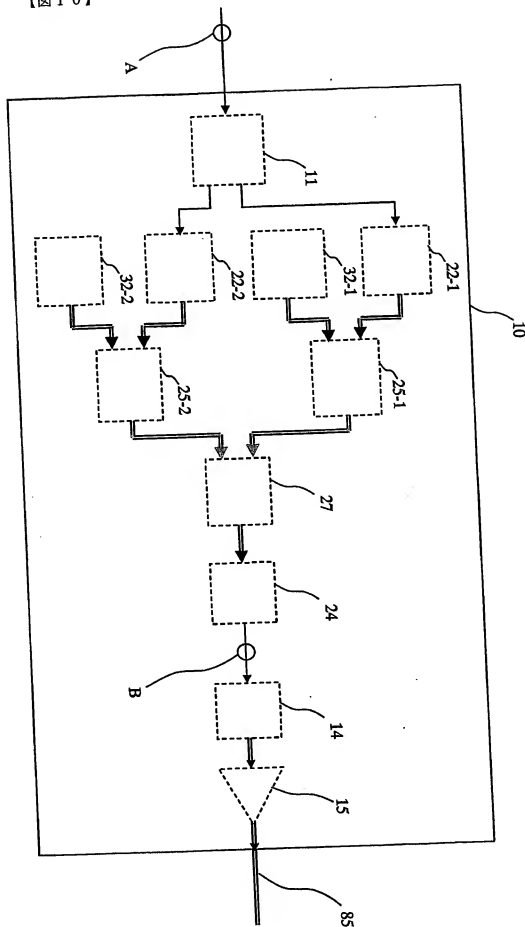
【図 8】



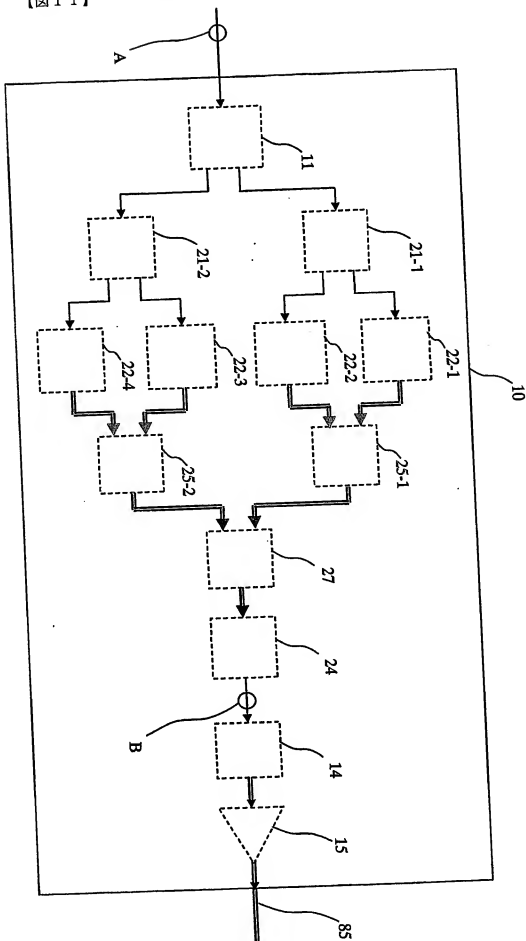
【図9】



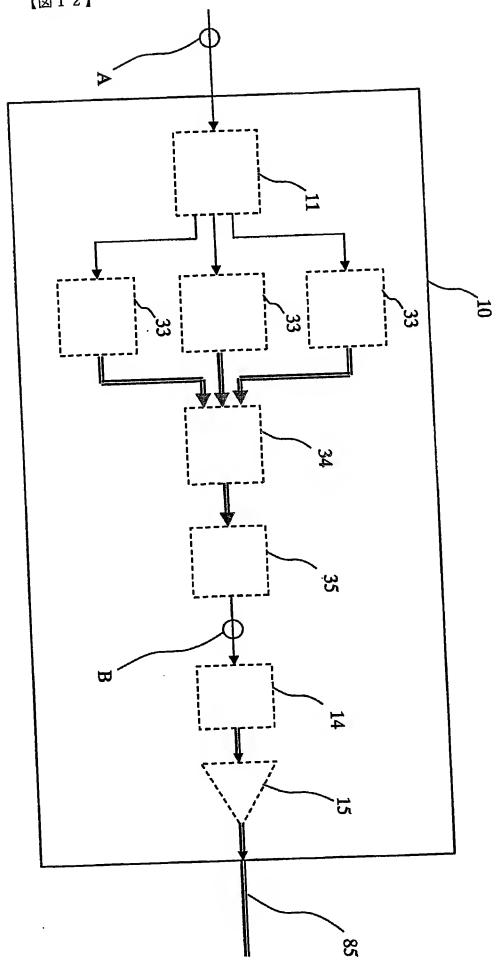
【図 10】



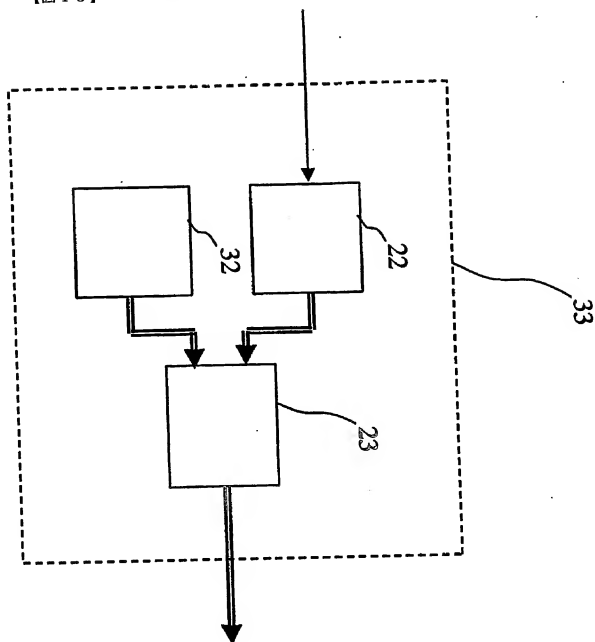
【図 11】



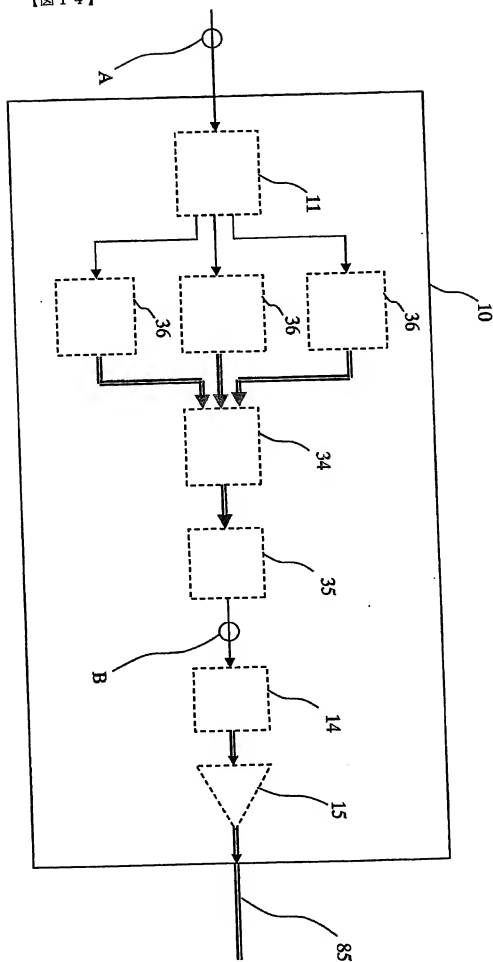
【図 12】



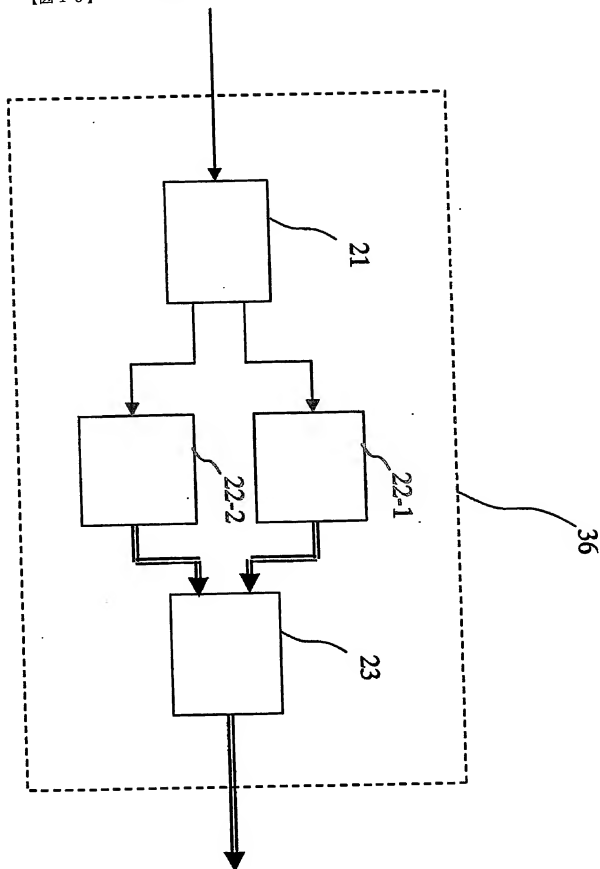
【図13】



【図 14】



【図 15】



【書類名】 要約書**【要約】**

【課題】 FM一括変換方式を用いた光信号送信機及び光信号伝送システムにおいては、CNRに対する仕様は42 dBに設定されている。

しかし、従来のFM一括変換方式を用いた光信号送信機ではCNR値が、仕様値を満たしているものの43 dBから47 dBで飽和している。光信号送信機をより低雑音で構成することができれば、伝送距離の長大化や光分岐比の拡大が可能になる。

【解決手段】 本願発明は、電気信号をN個（Nは2以上の整数）に分配してそれぞれを周波数変調して出力するN個のFM一括変換回路と、そのN個の出力信号を合波する回路を有する光信号送信機であって、該N個のFM一括変換回路の周波数偏移量及び中間周波数が略等しく、かつ、該N個のFM一括変換回路のそれぞれの出力の位相が略一致するように設定されている光信号送信機である。

【選択図】 図5

認定・付加情報

特許出願の番号	特願2003-273173
受付番号	50301150562
書類名	特許願
担当官	第七担当上席
作成日	平成15年 7月14日

0096

<認定情報・付加情報>

【提出日】

平成15年 7月11日

特願 2003-273173

出願人履歴情報

識別番号

[000004226]

1. 変更年月日

1999年 7月15日

[変更理由]

住所変更

住所

東京都千代田区大手町二丁目3番1号

氏名

日本電信電話株式会社